

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001250999 A**

(43) Date of publication of application: **14.09.01**

(51) Int. Cl

H01L 43/08

G01R 33/09

G11B 5/39

H01F 10/26

H01F 41/14

H01L 27/105

H01L 43/12

(21) Application number: **2000383163**

(22) Date of filing: **18.12.00**

(30) Priority: **17.12.99 US 1999 464807**

(71) Applicant: **MOTOROLA INC**

(72) Inventor: **CHEN EUGENE YOUNJUN**

SLAUGHTER JON MICHAEL

DURLAM MARK

DEHERRERA MARK

TEHRANI SAIED N

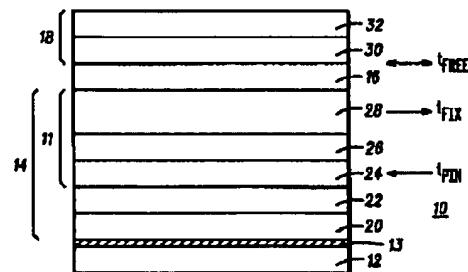
(54) **MAGNETIC ELEMENT COMPRISING DUPLICATE MAGNETIC CONDITION AND MANUFACTURING METHOD THEREOF**

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an improved magnetic element which allows operation in duplicate state in a zero external magnetic field.

SOLUTION: Magnetic elements (10;10';50;50';80) comprise a plurality of thin film layers, and a bit-end electromagnetic anti-magnetic field offsets the total positive coupling of a structure to provide a duplicate magnetic state in the zero external magnetic field. A method for manufacturing the magnetic element (10) is provided as well. A plurality of thin-film layers are provided, and the bit-end electromagnetic anti-magnetic field of these thin-film layers offsets the total positive coupling to provide the duplicate magnetic state in the zero external magnetic field.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-250999

(P2001-250999A)

(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int.Cl.⁷
 H 01 L 43/08
 G 01 R 33/09
 G 11 B 5/39
 H 01 F 10/26
 41/14

識別記号

F I
 H 01 L 43/08
 G 11 B 5/39
 H 01 F 10/26
 41/14
 H 01 L 43/12

マーク〇(参考)

Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全8頁) 最終頁に統ぐ

(21) 出願番号 特願2000-383163(P2000-383163)
 (22) 出願日 平成12年12月18日 (2000.12.18)
 (31) 優先権主張番号 4 6 4 8 0 7
 (32) 優先日 平成11年12月17日 (1999.12.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009597
 モトローラ・インコーポレイテッド
 MOTOROLA INCORPORATED
 アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、
 イースト・アルゴンクイン・ロード1303
 (72) 発明者 ユージーン・ユージュン・チェン
 アメリカ合衆国アリゾナ州ギルバート、ウ
 エスト・シェリー・ドライブ1143
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大賀 進介 (外1名)

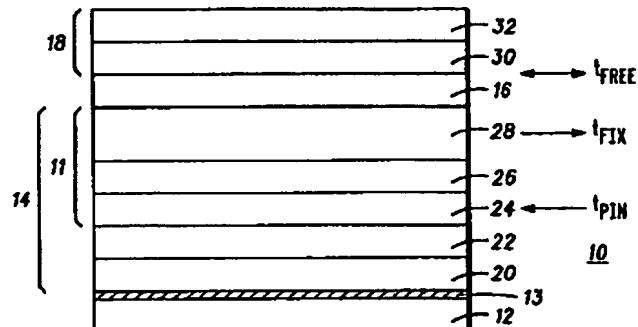
最終頁に統ぐ

(54) 【発明の名称】 二重磁気状態を有する磁気エレメントおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ゼロ外部磁界において二重状態で動作可能な、改良された磁気エレメントを提供する。

【解決手段】 磁気エレメント (10; 10'; 50; 50'; 80) は、複数の薄膜層を含み、ピット端静磁気反磁界が構造の全正結合を相殺することにより、ゼロ外部磁界において二重磁気状態を得る。また、磁気エレメント (10) の製造方法も開示する。複数の薄膜層を設け、これら薄膜層のピット端静磁気反磁界が構造の全正結合を相殺することにより、ゼロ外部磁界において二重磁気状態を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の薄膜層から成る磁気エレメント(10, 10', 50, 50', 80)であって、ピット端静磁気反磁界が、構造の全正結合を相殺し、外部磁界ゼロにおいて二重磁気状態を得ることを特徴とする磁気エレメント。

【請求項2】磁気エレメントであって：特定の強度を有する印加磁界の存在下において好適な方向に磁化が固定された厚さ₁(t₁)を有する固定強磁性体層(28)と、厚さ₂(t₂)を有する被張付強磁性体層(24)と、前記固定強磁性体層および前記被張付強磁性体層間に位置する結合中間層(26)とから成る第1電極(14)；十分な印加磁界の存在下において磁化が自由に回転する表面を有する自由強磁性体層(30)より成る第2電極(18)；前記第1電極の固定強磁性体層と前記第2電極の自由強磁性体層との間に位置するスペーサ層(16)；および基板(12)であって、その上に前記第1、第2電極および前記スペーサ層が形成されているところの基板(12)；から成り、前記固定強磁性体層の厚さt₁が、前記被張付強磁性体層の厚さt₂よりも大きく、前記固定強磁性体層および前記自由強磁性体層間の正結合を相殺する；ことを特徴とする磁気エレメント。

【請求項3】磁気エレメントであって：特定の強度を有するように印加された磁界の存在下において、磁気モーメントが好適な方向に向けられる被張付強誘電体層(24)から成る第1電極(14)；十分な印加磁界の存在下において磁化が自由に回転する表面を有する自由強磁性体層(30)から成る第2電極(18)；前記第1電極の被張付強磁性体層と前記第2電極の自由強磁性体層との間に位置するスペーサ層(16)；および基板(12)であって、その上に前記第1、第2電極および前記スペーサ層が形成されるところの基板(12)；から成り、前記被張付強磁性体層から前記自由強磁性体層への反磁界減少のためにオフセットを与えることにより、前記被張付強磁性体層および前記自由強磁性体層間の正結合を相殺することを特徴とする磁気エレメント。

【請求項4】磁気エレメントの製造方法であって、複数の薄膜層を設け、ピット端静磁気反磁界が構造の全正結合を相殺し、外部磁界ゼロにおいて二重磁気状態を得ることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報格納および/または検出用磁気エレメントならびにその製造方法に関し、更に特定すれば、二重磁気状態を有する磁気エレメントおよび磁気エレメントの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】本願は、1998年8月31日に出願さ

れ“MAGNETIC RANDOM ACCESS MEMORY AND FABRICATING METHOD THEREOF”と題し、本願と同一譲受人に譲渡され本願でも使用可能な、米国特許出願番号第09/141,686号の特許出願、1997年12月8日に出願され“PROCESS OF PATTERNING MAGNETIC FILMS”と題し、本願と同一譲受人に譲渡され本願でも使用可能な、米国特許出願番号第08/986,764号の特許出願、1999年7月19日に出願され“MAGNETIC ELEMENT WITH IMPROVED FIELD RESPONSE AND FABRICATING METHOD THEREOF”と題し、本願と同一譲受人に譲渡され本願でも使用可能な、米国特許出願番号第09/356,864号の特許出願、ならびに1998年6月16日に特許され“MAGNETIC DEVICE HAVING MULTI-LAYER WITH INSULATING AND CONDUCTIVE LAYERS”と題し、本願と同一譲受人に譲渡され本願でも使用可能な米国特許第5,768,181号に関連がある。

【0003】典型的に、磁気トンネル接合メモリ・エレメントのような磁気メモリ・エレメントは、非磁性体のスペーサ層で分離された強磁性体層を含む構造を有する。情報は、磁気層内に磁化ベクトルの方向として格納される。例えば、1つの磁性体層内における磁気ベクトルは、動作磁界範囲内に磁気的に固定即ち張り付けられ(pin)、一方他の磁性体層の磁化方向は、「平行」および「非平行」とそれぞれ呼ばれる同一方向および逆方向間で自由に切り替えられる。平行および非平行状態に応答して、磁気メモリ・エレメントは2つの異なる抵抗を表す。抵抗は、2つの磁性体層の磁化ベクトルがそれほど同一方向および逆方向を指示する場合に、最小値および最大値を有する。したがって、抵抗値の変化方向によって、MRAMデバイスのようなデバイスは、磁気メモリ・エレメント内に格納されている情報を与えることができる。最小および最大抵抗値間の差を最小抵抗で除算したものは、磁気抵抗率(MR : magnetoresistance ratio)として知られている。

【0004】MRAMデバイスは、磁気エレメント、更に特定すれば、磁気メモリ・エレメント、およびその他の回路、例えば、磁気メモリ・エレメント用制御回路、磁気メモリ・エレメントにおける状態を検出する比較器、入出力回路等を集成している。これらの回路は、デバイスの電力消費を低減するために、CMOS(相補金属酸化物半導体)技術のプロセスで製造される。

【0005】加えて、磁気エレメントは、構造的に非常に薄い層を含み、その一部の厚さは数十オングストロームである。磁気エレメントの抵抗対磁界応答の関係は、薄層の表面組織(surface morphology)によって影響される。磁気エレメントがメモリ・セルとして動作するためには、静止状態にある場合、即ち、磁界が印加されていない場合に少なくとも2つの抵抗状態を有する必要がある。この磁気エレメントに対する要件は、ほぼ対称的な抵抗対磁界応答関係を有することと等価である。対称的

な抵抗 (centered resistance) を得るためにには、形状的正結合 (topological positive coupling) およびピン・ホール結合 (pin-hole coupling) の存在を補正しなければならない。

【0006】スパッタ堆積、蒸着、またはエピタキシ技法によって成長する金属膜を含む、MRAMメモリ・エレメントの製造のように、典型的なMTJ磁気エレメントの製造において、膜表面は絶対的な平面ではなく、逆に表面または界面に波状を呈している。この強磁性体層の表面および／界面の波状が、自由強磁性体層と、固定層即ち被張付層のような、その他の強磁性体層との間の磁気結合の原因となる。これは、形状的結合またはNeelのオレンジ・ピール結合 (orange peel coupling) として知られている。かかる結合は、典型的に、磁気エレメントでは望ましくない。何故なら、これは自由層の外部磁界に対する応答において、オフセットを生ずるからである。加えて、典型的なスピニ・バルブ磁気エレメント (spin valve magnetic element) の製造では、電子交換結合が存在する。この種の結合に対する補償、ならびにMTJおよびスピニ・バルブ・エレメントにおいて共通に見られる他のあらゆる結合効果も、対称的な抵抗、したがってデバイスの二重状態での動作を得るために、補償しなければならない。

【0007】更に、MRAMメモリ・セルのスイッチング磁界 (switching field) には、通常2種類のオフセットがある。先に論じた第1の種類は、強磁性結合即ち正結合であり、形状に関係する静磁気結合によって生じ、その結果、磁界が印加されない場合に、低い抵抗のメモリ状態しか得られなくなる。事実上、メモリ・セルは動作しない。メモリが機能するためには、ゼロ磁界において少なくとも2つのメモリ状態が必要である。別の種類のセル・スイッチング・オフセットは、非強磁性結合または負結合と呼ばれている。これは、セルの長さ対幅の比率が1以上のメモリ・セルの端部における静磁気結合によって生ずる。その影響によって、磁界が印加されない状態において、メモリ状態が高抵抗のみになってしまう。この場合も、読み取り磁界を印加しなければ、メモリは動作しない。読み取りを行う際に、電流パルス

(群) によって生ずる磁界を印加せずに電力を節約し、高速動作を達成することが好ましい。

【0008】したがって、構造の全正結合を相殺することにより、外部磁界がゼロの場合に二重磁気状態が得られるように、ビット端静磁気周縁磁界 (bit end magneto static fringing field) を含むデバイスを生産する必要がある。

【0009】強磁性結合力は、表面磁荷密度 (surface magnetic charge density) に比例し、層間厚さの指數の逆数として定義されると言われている。1998年6月9日に特許され、"MAGNETIC TUNNEL JUNCTION DEVICE WITH NONFERROMAGNETIC INTERFACE LAYER FOR IMPROVED

MAGNETIC FIELD RESPONSE" と題する米国特許番号第5,764,567号に開示されているように、磁気トンネル接合構造において、酸化アルミニウム・トンネル・バリアの次に非磁性体の銅層を追加し、磁性体層間の分離を強化することによって、強磁性体オレンジ・ピール結合即ち形状結合の低減が達成される。しかしながら、銅層の追加により、トンネル接合のMR低下を招き、デバイスの性能が低下する。加えて、銅層の追加により、材料をエッチングする際の複雑度も高まる。

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の目的は、印加磁界に対して対称的な抵抗応答曲線を有し、二重状態で動作可能な、改良された磁気エレメントを提供することである。

【0011】本発明の別の目的は、強磁性結合、更に特定すれば、形状起源の強磁性結合即ち交換結合の存在に対する補償を含む、改良された磁気エレメントを提供することである。

【0013】本発明の更に別の目的は、対称的な抵抗対磁界応答関係を有することにより、二重状態で動作可能な磁気エレメントを形成する方法を提供することである。

【0014】本発明の更に別の目的は、高スループット製造に適した、対称的な抵抗対磁界応答関係を有する磁気エレメントを形成する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】これらの必要性およびその他は、複数の薄膜層を含み、ビット端反磁界が構造の全正結合を相殺することによってゼロ外部磁界において二重磁気状態を得るようにした、磁気エレメントの提供によって満たされる。加えて、複数の薄膜層を備え、当該薄膜のビット端反磁界が構造の全正結合を相殺し、ゼロ外部磁界において二重磁気状態が得られる、磁気エレメントの製造方法も開示する。

18は、強磁性体層を含む。下型電極層14は、基板12上に形成された金属リード13上に形成される。下側電極層14は、下位金属リード13上に堆積され、シード層およびテンプレート層(template layer)として機能する複数の下位層20、反強磁性張付材料の層22、被張付強磁性体層24、ルテニウムの中間層26、および下地の反強磁性体張付層22上に形成されこれと交換結合された固定強磁性体層28を含む。

【0017】下位層20は、典型的に、タンタルおよびルテニウム(Ta/Ru)で形成される。これらの層は、反強磁性張付層22の配向基準(orienting base)として機能する。反強磁性張付層22は、一般に、イリジウム・マンガン(IrMn)またはプラチナ・マンガン(PtMn)で形成される。

【0018】被張付強磁性体層24を被張付(pinned)と記述するのは、その磁気モーメントが張付層22に交換結合され、自由強磁性体層30を回転させる程大きい印加磁界の存在下において、回転が防止されているからである。強磁性体層24は、典型的に、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、およびコバルト(Co)の1つ以上の合金で形成される。次に、中間層26は、典型的にルテニウムで作られ、被張付強磁性体層24および固定強磁性体層28間で反強磁性交換結合を誘発するように機能する。最後に、ルテニウムの中間層26の最上面上に、固定強磁性体層28が形成されている。固定強磁性体層28を固定または被張付と記述するのは、その磁気モーメントが、自由強磁性体層30を回転させる程大きい印加磁界の存在下において、その回転が防止されているからである。

【0019】上側電極スタック18は、自由強磁性体層30および保護層32を含む。自由強磁性体層30の磁気モーメントは、交換結合によって固定されておらず、即ち、張り付けられておらず、印加磁界の存在下において2つの状態間で自由に回転する。自由強磁性体層30は、典型的に、ニッケル鉄(NiFe)合金で形成される。

【0020】固定強磁性体層28は、厚さ t_1 を有するものとして記載する。ここで、 t_1 は典型的に3ないし100Åの範囲である。被張付強磁性体層24は、厚さ t_2 を有するものとして記載する。ここで、 t_2 は通常100Å未満である。スペーサ層16は、厚さ t_3 を有するものとして記載する。ここで、 t_3 は、磁気トンネル接合構造または銅(Cu)スペーサを有するスピンドル型の膜では、通常50Å未満である。この特定実施例では、スペーサ層16を横切る正結合の補償を行なうために、被張付強磁性体層24の厚さよりも大きな厚さを有する固定強磁性体層28を形成する。即ち、 $t_1 > t_3$ である。尚、この開示によって逆構造即ち反転構造も想起されることは理解されよう。即ち、開示される磁気エレメントは、最上固定即ち被張付層を含むように形

成することができ、したがって上位被張付構造と記述されることが想起される。

【0021】全ての磁性体層は、単一磁性体、または互いに隣接する多数の磁性体層から成り、スイッチング磁界、磁気抵抗等のような磁気特性を微調整可能な複合磁性体層とすることができます。この実施例では、固定強磁性体層28は、 M_1 および T_1 の特性を有し、 M =磁化および T =厚さである。被張付強磁性体層24は、 M_2 および T_2 の特性を有し、自由強磁性体層30は M_3 および T_3 の特性を有する。

【0022】固定強磁性体層28および自由強磁性体層30間の正形状結合を補償するために、 $M_1 T_1$ の積は、 $M_2 T_2$ よりも大きい必要がある。これは、 $T_1 > T_2$ および $M_1 = M_2$ とするか、または $T_1 = T_2$ および $M_1 > M_2$ とするか、または $T_1 > T_2$ および $M_1 > M_2$ とすることによって得ることができる。 M_1 および T_1 間の差ならびに M_2 、 T_2 を調節することによって、正結合を完全に相殺することができる。 $M_1 T_1 > M_2 T_2$ の場合、固定強磁性体層28の端部に補償されない極即ち磁荷が生ずる。長さ/幅の比率が1以上である高密度メモリ・セルでは、自由強磁性体層30と、固定即ち被張付強磁性体層のピット端間の静磁気結合(magnetostatic coupling)は、性質上反強磁性的であり、磁束閉塞(magnetic flux closure)を形成する。この反強磁性結合は、 $M_1 T_1$ および $M_2 T_2$ の差によって調整し、正結合を完全に相殺することができる。

【0023】図2に、合成反強磁性構造11'を含む、完全にバーニングした磁気エレメント構造の代替実施例を示す。これに参照番号10'を付す。この場合も、30 第2実施例のコンポーネントと同様の第1実施例のコンポーネント全てには、同様の番号を付し、更に異なる実施例であることを示すためにダッシュを附加していることを注記しておく。図1に関して説明した構造と同様、この構造は、基板12'、下側電極多層スタック14'、スペーサ層16'、および上側多層スタック18'を含む。下側電極多層スタック14'および上側電極多層スタック18'は、図1のスタック14、18とほぼ同様の強磁性体層を含む。下側電極層14'は、基板12'上に形成された金属リード13'上に形成され、金属リード13'上に堆積された第1シード層21、およびテンプレート層23を含む複数の下位層20'、反強磁性体の層22'、下地の反磁性体層22'上に形成されこれと交換結合されている被張付強磁性体層24'、結合中間層26'、ならびに反強磁性的に被張付層に結合されている固定強磁性体層28'を含む。強磁性体層24'、28'を被張付、即ち、固定と記述するのは、その磁気モーメントが、印加磁界の存在下において、回転を防止されているからである。上側電極スタック18'は、自由強磁性体層30'および保護層32'を含む。自由強磁性体層30'の磁気モーメント

は、交換結合によって、固定されていない、即ち、張り付けられておらず、印加磁界の存在下において2つの状態間で自由に回転する。

【0024】固定強磁性体層28'は、厚さT1を有するものとして記載する。被張付強磁性体層24'は、厚さT2を有するものとして記載する。この特定実施例では、スペーサ層16'を横切る正結合の補償を行なうために、固定強磁性体層28'は、被張付強磁性体層24'の厚さよりも大きな厚さを有するものとして形成される。即ち、 $T_1 > T_2$ である。尚、この開示によって逆構造即ち反転構造も想起されることは理解されよう。即ち、開示される磁気エレメントはSAF構造を有し、上位固定即ち被張付層を含むように形成することができ、したがって上位被張付構造と記述されることが想起される。

【0025】この特定実施例の製造は、2回のエッティング工程を伴う。最初に、全ての層をエッティングして磁気デバイス10'を規定し、次いで保護層32'および自由強磁性体層30'をエッティングして、オフセット40を規定する。即ち、強磁性体層30'の下にある層は、オフセット40の量だけ、自由強磁性体層30'よりも大きい。このデバイス10'のエッティングにより、スペーサ層16'を横切る短絡を回避する。

【0026】次に図3を参照すると、本発明の磁気デバイスの別の実施例の簡略断面図が示されている。即ち、この特定実施例では、結合中間層および固定強磁性体層を用いずに磁気エレメント50を形成していることを除いて、図1のデバイス10とほぼ同様のデバイス50が示されている。図1に関して説明した構造と同様に、この構造は、基板52、下側電極多層スタック54、スペーサ層56、および上側電極多層スタック58を含む。下側電極多層スタック54および上側電極多層スタック58は、図1のスタック14、18とほぼ同様の強磁性体層を含む。下側電極層54は、基板52上に形成された金属リード53上に形成され、金属リード53上に堆積された第1シード層61、およびテンプレート層63を含む複数の下位層60を含む。下側電極多層スタック54は、更に、被張付強磁性体層64を含む。強磁性体層64を固定、即ち、被張付と記述するのは、その磁気モーメントが、ある強度以下の印加磁界の存在下において、回転を防止されているからである。上側電極スタック58は、自由強磁性体層70および保護層72を含む。自由強磁性体層70の磁気モーメントは、交換結合によって、固定されていない、即ち、張り付けられておらず、ある強度以上の印加磁界の存在下において2つの状態間で自由に回転する。

【0027】図2に示した実施例とほぼ同様に、デバイス50は、図4に示すようなオフセット74を含む。尚、図4の実施例のコンポーネントと同様の図3の実施例のコンポーネントには、同様の番号を付し、更に異なる

る実施例であることを示すためにダッシュを付加していることは理解されよう。

【0028】図4の実施例では、オフセット54は、被張付層64'から自由強磁性体層70'までの反磁界を低下させることによって、被張付強磁性体層64'および自由強磁性体層70'間の正結合を相殺する。尚、この開示によって逆構造即ち反転構造も想起されることは理解されよう。即ち、開示される磁気エレメントは、最上固定即ち被張付層を含むように形成することができ、したがって上位被張付構造と記述されることが想起される。

【0029】再度図4を参照すると、この特定実施例の製造は、2回のエッティング工程を伴う。最初に、全ての層をエッティングして磁気デバイス50'を規定し、次いで保護層72'および自由強磁性体層70'をエッティングしてオフセット74を規定する。即ち、自由強磁性体層70'の下にある層は、オフセット74の量だけ自由強磁性体層70'より大きい。このデバイス50'のエッティングにより、スペーサ層56'を横切る短絡を防止する。

【0030】次に図5を参照すると、本発明の磁気エレメントの別の実施例が簡略断面図で示されている。即ち、結合中間層および固定強磁性体層を用いずに形成された磁気エレメント80が示されている。図4に関して説明した構造と同様に、この構造は、基板82、下側電極多層スタック84、第1スペーサ層86、第2スペーサ層即ちトンネル・バリア88、および上側電極多層スタック90を含む。下側電極多層スタック84および上側電極多層スタック90は、図1のスタック14、18とほぼ同様の強磁性体層を含む。下側電極層84は、基板82上に形成された下位金属リード83上に形成され、下位金属リード83上に堆積された第1シード層81、およびオプションのテンプレート層85を含む、複数の下位層を含む。更に、下側電極層84は強磁性体層92を含む。強磁性体層92を固定、即ち、被張付と記述するのは、その磁気モーメントが、ある強度以下の印加磁界の存在下において、回転を防止されているからである。加えて、下側電極多層スタック84は、スペーサ層86、および自由強磁性体層94も含む。自由強磁性体層94の磁気モーメントは、交換結合によって、固定されていない、即ち、張り付けられておらず、ある強度以上の印加磁界の存在下において、2つの状態間で自由に回転する。上側電極スタック90は、第2固定強磁性体層96および保護層98を含む。強磁性体層92、96は、端部静磁気結合(end-magneto static coupling)のために、非平行整合(antiparallel alignment)を有するものとして記載する。

【0031】図4に示した実施例とほぼ同様に、デバイス80は、オプションとして、図5に示したようなオフセット100を含むことができる。オフセット100

は、強磁性体層の少なくとも1つ92または96から自由強磁性体層94までの反磁界を低下させることによって、被張付強磁性体層92または96および自由強磁性体層94間の正結合を相殺する。尚、この開示によって逆構造即ち反転構造も想起されることは理解されよう。

【0032】この特定実施例の製造は、オフセット100がある場合、2回のエッチング工程を伴う。最初に、全ての層をエッチングして磁気デバイス80を規定し、次いで保護層98および強磁性体層96をエッチングしてオフセット100を規定する。即ち、強磁性体層96の下にある層は、オフセットの量だけ、被張付強磁性体層96よりも大きい。このデバイス80のエッチングによって、スペーサ層88を横切る短絡を回避する。

【0033】次に図6を参照すると、図1の層28のような固定強磁性体層の厚さの、磁気エレメントの形状結合磁界(H_{ep1})およびピット端反磁界即ち負磁界に対する効果を示すグラフがある。図示のように、図2および図4に示したデバイス層のオフセットが増大するに連れて、反磁界の減少が見られる。オフセットが3000Å未満の場合、より大きな負磁界即ち反磁界が発生する。情報格納および/または検出デバイスに典型的に利用される磁気エレメントは、薄い自由層の使用により、スイッチング磁界を低く維持する必要がある。しかし、これら薄い自由層を有するデバイスを設計すると、形状結合磁界 H_{ep1} が増大する。したがって、形状結合磁界 H_{ep1} を補償即ち相殺するために、ここに開示した磁気エレメントの残りの構造を調節し、正結合磁界を反磁界によって相殺することができる。

【0034】図7を参照すると、固定層28のような磁気層の厚さを、図1の被張付層24に対して調節することによる結合磁界 H_{ep1} の低減が示されている。図示のように、固定層28の厚さを増大し被張付層24の厚さよりも大きくすることにより、正結合磁界 H_{ep1} の存在を補償する。正終端極(positive end pole)および逆の負終端極の存在が、形状、ピン・ホールおよび正電子交換結合を含む正結合と相殺し、消滅する。したがって、図7に示すように、図1の磁気エレメント10とほぼ同様の磁気エレメントは、自由層30に加えて、被張付層24の厚さよりも大きな厚さを有する固定層28を含んでおり、層28、30間に差を形成することにより、正結合を相殺し、対称的な抵抗対磁界応答、および二重状態で動作可能な平衡デバイスが得られる。

【0035】更に具体的に図7を参照すると、層24、28間に終端磁極が形成される。固定層28の厚さを増大させ、固定層28を被張付層24よりも厚くすることによって、磁気エレメント10内において、正結合に対する補償を行なうことが可能となる。

【0036】次に、図3の層61、63のような非磁性シード層およびテンプレート層の使用により、SAF構造を含ませる必要なく、磁界応答結合の減少が得られる

ことを開示する。テンプレート層は構造にモーメントを追加しないので、構造に薄い被張付層を含ませることの結果、終端静磁気結合が生じるだけである。したがって、二重状態で動作可能なデバイスに対する結合のレベルを相殺する調節が可能である。テンプレート層63が非磁性体であり、SAFがない場合、バーニングした形状の終端における極による負静磁気結合が存在するので、被張付層64の自由層70に対する厚さによって、正結合を制御することができる。被張付層64の厚さは、静磁気結合をオフセットさせ、対称的なループを与えるように選択することができる。このように、被張付層64の厚さを減少させ、被張付層64が被張付層70よりも小さい厚さを有するようにすることにより、磁気エレメント50において正結合を相殺することが可能となる。

【0037】再度図7を参照すると、磁極を示す図1の磁気エレメント10の構造が図示されており、ピット端静磁気反磁界が構造の全正結合を相殺し、ゼロ外部磁界において、二重磁気状態が得られる。

【0038】以上のように、二重状態で動作可能な磁気エレメントおよびその製造方法を開示した。この場合、複数の磁性体層相互間の厚さ、または磁化および複数の磁性体層相互間の厚さの積に基づいて、磁気結合が相殺、即ち、補償される。開示したように、この技法は、磁気センサ、磁気記録ヘッド、磁気記録媒体等のような、パターン化磁気エレメントを用いるデバイスに適用可能である。したがって、このような場合は、本開示によって包含されているものと見なすこととする。

【図面の簡単な説明】

30 【図1】本発明にしたがって磁界応答を改善した磁気エレメントを示す断面図。

【図2】本発明にしたがって磁界応答を改善した磁気エレメントを示す断面図。

【図3】本発明にしたがって磁界応答を改善した磁気エレメントを示す断面図。

【図4】本発明にしたがって磁界応答を改善した磁気エレメントを示す断面図。

【図5】本発明にしたがって磁界応答を改善した磁気エレメントを示す断面図。

40 【図6】本発明による形状結合磁界および算出した反磁界対固定磁性体層の厚さに関する実験結果を示すグラフ。

【図7】本発明による磁気エレメントの金属膜層の磁極を示す図。

【符号の説明】

10 磁気エレメント構造

11 合成反強磁性構造

12 基板

13 金属リード

50 14 下側電極多層スタッツ

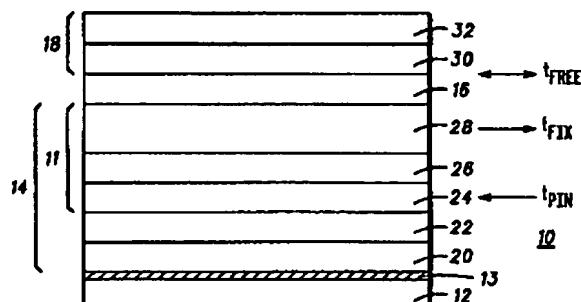
11

1 6 スペーサ層
 1 8 上側電極多層スタック
 2 0 下位層
 2 1 第1シード層
 2 2 反強磁性張付材料層
 2 3 テンプレート層
 2 4 被張付強磁性体層
 2 6 中間層
 2 8 固定強磁性体層
 3 0 自由磁性体層
 3 2 保護層
 4 0 オフセット
 5 0 磁気エレメント
 5 2 基板
 5 4 下側電極多層スタック
 5 6 スペーサ層
 5 8 上側電極多層スタック
 6 0 下位層
 6 1 第1シード層

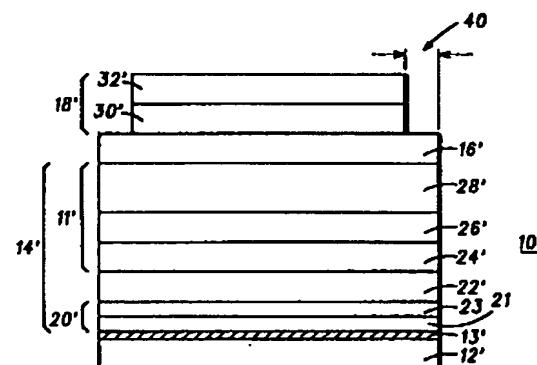
12

6 3 テンプレート層
 6 4 被張付強磁性体層
 7 0 自由強磁性体層
 7 2 保護層
 7 4 オフセット
 8 0 磁気エレメント
 8 1 第1シード層
 8 2 基板
 8 3 下位金属リード
 10 8 4 下側電極多層スタック
 8 5 テンプレート層
 8 6 第1スペーサ層
 8 8 第2スペーサ層
 9 0 上側電極多層スタック
 9 2 強磁性体層
 9 4 自由強磁性体層
 9 6 第2固定強磁性体層
 9 8 保護層
 1 0 0 オフセット

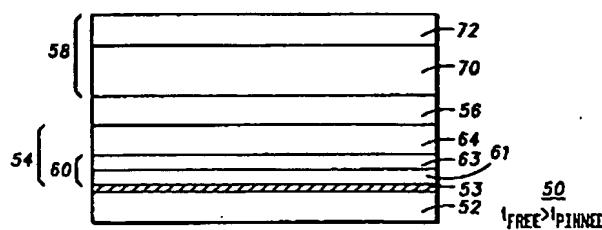
【図1】



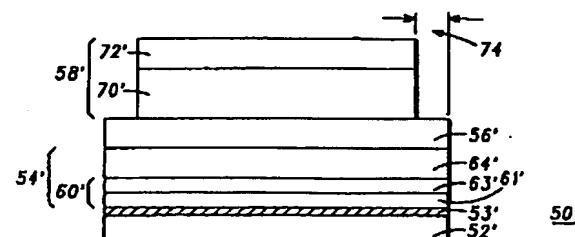
【図2】



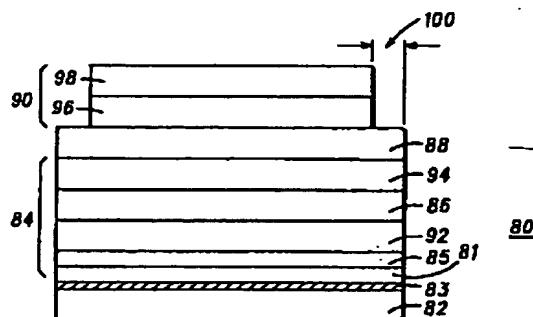
【図3】



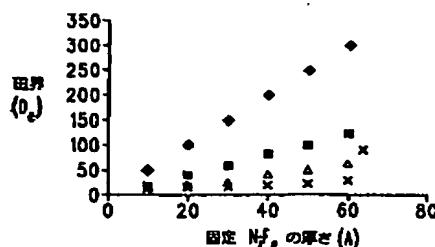
【図4】



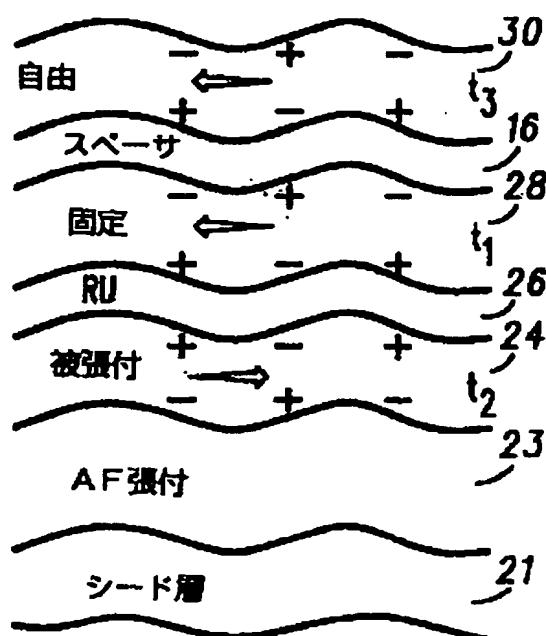
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷
H 01 L 27/105
43/12

F I
G 01 R 33/06
H 01 L 27/10

ターマコード (参考)
R
447

(72) 発明者 ジョン・マイケル・スローター
アメリカ合衆国アリゾナ州テンペ、サウス・ケネス・プレース9251
(72) 発明者 マーク・ダーラム
アメリカ合衆国アリゾナ州チャンドラー、
ウエスト・オーキッド・レーン4076

(72) 発明者 マーク・デヘレーラ
アメリカ合衆国アリゾナ州テンペ、イースト・レイアード・ストリート2301
(72) 発明者 サイエド・エヌ・テラニ
アメリカ合衆国アリゾナ州テンペ、イースト・パロミノ・ドライブ1917